

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 830 570**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **01 13051**

⑤1 Int Cl<sup>7</sup> : F 02 D 43/00, F 02 D 41/38, F 02 B 3/02, 23/10, F 02 F  
1/42, 3/26

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.10.01.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 11.04.03 Bulletin 03/15.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES  
SA Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BOURGUIGNON ERIC et SULK-  
OWSKI PASCAL.

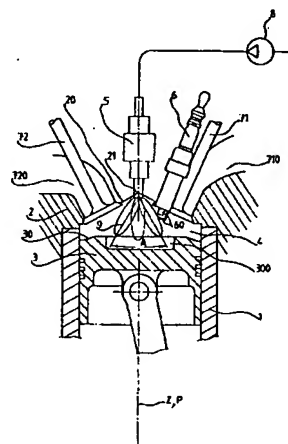
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET WEINSTEIN.

⑤4 MOTEUR A COMBUSTION INTERNE, A ALLUMAGE COMMANDE, ET A INJECTION DIRECTE D'ESSENCE,  
COMPORTANT UN SYSTEME D'INJECTION DIRECTE A TRES HAUTE PRESSION.

⑤7 L'invention concerne un moteur à combustion interne,  
à allumage commandé et à injection directe d'essence, ce  
moteur comprenant un cylindre (1), une culasse (2), un piston  
(3) monté coulissant dans le cylindre (1), une chambre  
de combustion (4) définie dans le cylindre (1) entre la culasse  
(2) et le piston (3), un injecteur d'essence (5) débouchant  
dans la chambre de combustion (4), une bougie d'allumage  
(6), des soupapes d'admission (71) et d'échappement (72),  
et une pompe d'injection (8) fournissant à l'injecteur (5) un  
flux d'essence sous pression.

Selon l'invention, la pression du flux d'essence fourni à  
l'injecteur (5) dépasse 300 bars et, de préférence, atteint ou  
dépasse 500 bars.



FR 2 830 570 - A1



La présente invention concerne, de façon générale, les techniques d'injection pour moteurs à essence à injection directe.

Plus précisément, l'invention concerne un moteur à  
5 combustion interne, à allumage commandé et à injection  
directe d'essence, ce moteur comprenant, au moins, un  
cylindre allongé suivant un axe, une culasse obturant le  
cylindre de façon fixe, un piston monté coulissant de  
10 façon étanche dans le cylindre le long de l'axe du  
cylindre, une chambre de combustion définie dans le  
cylindre entre une face inférieure de la culasse et une  
face supérieure du piston, un injecteur d'essence lié à  
la culasse et débouchant dans la chambre de combustion,  
15 une bougie d'allumage liée à la culasse et dotée  
d'électrodes produisant sélectivement une étincelle dans  
la chambre de combustion, des soupapes d'admission et  
d'échappement montées mobiles dans la culasse, disposées  
de part et d'autre d'un plan axial médian du cylindre, et  
20 obturant sélectivement la chambre de combustion, et une  
pompe d'injection fournissant sélectivement à l'injecteur  
un flux d'essence sous pression.

Bien que cette définition utilise, par souci de  
clarté, des termes très concrets et précis tels que  
injecteur, bougie, ou étincelle, il faut comprendre que  
25 ces termes couvrent leurs équivalents techniques, les  
mots cités en exemple étant ainsi respectivement  
synonymes de moyen d'injection, de moyen d'allumage, et  
de point d'allumage.

Les moteurs ainsi définis sont bien connus de  
30 l'homme de l'art.

Les moteurs à allumage commandé à injection directe  
d'essence offrent la possibilité d'un fonctionnement  
optimisé avec des mélanges dits "pauvres", c'est-à-dire  
des mélanges carburés contenant un très fort excès d'air  
35 par rapport à la quantité de carburant introduite dans le  
cylindre, relativement aux conditions stoechiométriques.

Non seulement ces moteurs offrent un potentiel important en terme de réduction de consommation de carburant, mais ils participent également au respect de l'environnement dans la mesure où l'excès d'air permet  
5 une combustion complète du carburant et évite ainsi le rejet de fractions imbrûlées dans les gaz d'échappement.

Le mélange carburé qui résulte de l'injection de carburant dans le cylindre peut être un mélange homogène ou un mélange stratifié dans lequel le rapport air /  
10 carburant n'est pas uniforme dans tout le cylindre, ce dernier cas conduisant à localiser près du point d'allumage du mélange carburé dans un rapport air / carburant inflammable.

Différentes solutions sont connues pour réaliser un  
15 mélange stratifié grâce à l'injection directe d'essence.

Une première solution consiste à réaliser une stratification par effet de paroi en dirigeant le jet d'injection vers une paroi, par exemple en direction de la face supérieure du piston, pour le dévier ensuite vers  
20 la bougie. Cette solution peut présenter l'inconvénient de conduire à la formation, sur les parois, d'un film de carburant liquide qui brûle en produisant des suies. Par ailleurs, cette solution ne permet pas une stratification optimale, car l'impact du jet sur la paroi conduit à une  
25 diffusion trop grande.

Une seconde solution consiste à réaliser une stratification par effet aérodynamique en donnant à l'air un mouvement bien défini, de façon à diriger le carburant projeté par l'injecteur vers la bougie. Toutefois, la  
30 localisation du carburant autour de la bougie varie beaucoup d'un cycle à l'autre en raison du caractère aléatoire et turbulent de l'écoulement d'air, ce qui nuit à la stabilité du moteur et le rend difficile à contrôler.

35 La troisième solution consiste à positionner l'injecteur et la bougie de manière que le jet de carburant soit projeté directement par l'injecteur vers

la bougie. Ce procédé est a priori très performant mais peut être sensible aux incertitudes affectant le positionnement et aux caractéristiques du jet de carburant. La réalisation du mélange stratifié résulte de  
5 l'injection du carburant peu de temps avant le déclenchement de la combustion. Dans ces conditions, contrairement aux deux précédentes solutions, le temps disponible pour l'injection, l'atomisation, la vaporisation de l'essence et la préparation du mélange  
10 avant le déclenchement de la combustion est très souvent insuffisant. Le carburant liquide, présent lors de la combustion et difficilement inflammable, provoque alors un encrassement de la bougie.

Une autre technique consiste à assister l'injection  
15 de carburant par une injection auxiliaire d'air. Si ce procédé conduit à une pulvérisation relativement fine du carburant, il requiert en revanche le recours à un système supplémentaire pour la compression d'air.

Une autre technique d'injection connue, décrite  
20 dans le brevet US 5 992 353, consiste à procéder à l'injection de carburant à l'état de vapeur et en mélange avec de la vapeur d'eau surchauffée à une pression au moins égale à 350 bars. Cette solution est concrètement inapplicable aux véhicules automobiles, dans la mesure où  
25 elle requiert l'embarquement d'un réservoir auxiliaire d'eau et un échangeur de chaleur utilisant les gaz d'échappement pour vaporiser le carburant et obtenir la vapeur surchauffée.

Dans ce contexte, la présente invention a pour but  
30 de proposer un moteur qui, bien que de structure relativement simple, fonctionne avec une très faible production de suies, avec une combustion de carburant plus rapide et reproductible, et sans encrassement des trous de l'injecteur.

35 A cette fin, le moteur de l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en

ce que la pression du flux d'essence fourni à l'injecteur dépasse 300 bars, et est de préférence au moins égale à environ 500 bars.

5 Grâce à cette pression d'injection, la durée de l'injection du carburant dans la chambre de combustion peut être réduite en raison de l'augmentation du débit statique. De plus, le temps ainsi gagné peut être mis à profit pour la réalisation physique de l'atomisation, de l'évaporation et du mélange du carburant avec l'air.

10 Le carburant liquide injecté à cette haute pression subit une atomisation primaire qui brise le jet en grosses gouttes, puis une atomisation secondaire qui casse ces grosses gouttes en gouttes plus fines. La longueur dite de "Break up" (c'est-à-dire de  
15 fractionnement), qui caractérise la longueur du jet nécessaire à la réalisation du jet primaire, est réduite par l'augmentation de la vitesse de sortie du carburant de l'injecteur, laquelle croît avec la pression d'injection.

20 Il est apparu que pour les pressions supérieures à 300 bars, la longueur de fractionnement devenait négligeable. Le carburant sort alors directement de l'injecteur à l'état de brouillard de gouttelettes dont l'atomisation secondaire est plus fine. Le jet est plus  
25 large, ce qui favorise un mélange avec l'air contenu dans la chambre de combustion et la vaporisation du carburant. L'atomisation plus fine du carburant permet une vaporisation plus rapide et l'obtention d'un mélange air / carburant entièrement évaporé et mélangé à l'instant du  
30 déclenchement de la combustion. Le mélange obtenu est plus homogène, brûle plus rapidement, et produit moins de suies. La quantité de carburant liquide qui atteint la bougie est diminuée, ce qui réduit l'encrassement de la bougie. L'augmentation de la vitesse de combustion permet  
35 un déclenchement de la combustion plus près du point mort haut du piston dans le cylindre, et donc une augmentation du rendement du cycle. La réduction des polluants et des

suies permet une augmentation sensible du rendement de combustion.

De plus, le gain de temps dans la réalisation de chacune des phase d'injection, d'atomisation, et de vaporisation permet d'injecter plus tard pendant la phase de compression, donc dans des conditions de pression plus élevée, favorable à une réduction de la pénétration du jet, et à une température plus élevée, favorable à la vaporisation.

10 Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, un évidement peut être creusé dans la face supérieure du piston pour assurer un confinement de l'essence injectée dans la chambre de combustion.

De son côté, la face inférieure de la culasse peut être conformée en toit et présenter une arête dans le plan axial médian du cylindre.

De préférence, l'injecteur est plus proche de l'axe du cylindre que ne l'est la bougie, et par exemple disposé sur l'axe du cylindre lui-même.

20 L'injecteur et la bougie sont avantageusement séparés par une distance au moins égale à 5 millimètres et au plus égale à 30 millimètres.

L'injecteur peut injecter l'essence dans la chambre de combustion sensiblement sous forme d'un cône d'injection présentant un angle au sommet au moins égal à 40 degrés et au plus égal à 100 degrés, ce cône pouvant être formé soit d'un jet unique, tel qu'un jeu creux et continu, soit de plusieurs jets distincts, et par exemple de deux à douze jets.

30 L'injecteur et l'étincelle produite par la bougie peuvent être séparés par une distance au moins égale à 10 millimètres et au plus égale à 30 millimètres, alors que le cône d'injection et les étincelles de la bougie sont par exemple séparés par une distance au moins égale à 1 millimètre et au plus égale à 10 millimètres.

35 Le moteur de l'invention comprend de préférence deux soupapes d'admission d'un premier côté du plan axial

médian du cylindre et deux soupapes d'échappement d'un second côté du plan axial médian du cylindre, la bougie pouvant être disposée entre les deux soupapes d'admission, ou entre une soupape d'admission et une  
5 soupape d'échappement.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans  
10 lesquels:

- la Figure 1 est une vue en coupe schématique partielle d'un moteur conforme à l'invention;
- la Figure 2 est une vue de dessous à échelle réduite de la face inférieure de la culasse du moteur  
15 illustré à la figure 1; et
- la Figure 3 est une vue semblable à la figure 2, illustrant une variante de réalisation.

Comme annoncé précédemment, l'invention concerne un moteur à combustion interne, à allumage commandé et à  
20 injection directe d'essence.

Ce moteur comprend, de façon non limitative et connue en soi (figure 1), un cylindre 1, une culasse 2, un piston 3, une chambre de combustion 4, un injecteur d'essence 5, une bougie d'allumage 6, une ou de  
25 préférence deux soupapes d'admission 71, une ou de préférence deux soupapes d'échappement 72, et une pompe d'injection 8.

Le cylindre 1 est allongé suivant son axe longitudinal Z et obturé, à une de ses extrémités, par la  
30 culasse 2 qui est fixée au cylindre 1.

Le piston 3 est monté coulissant de façon étanche dans le cylindre 1 le long de l'axe Z, et obture l'autre extrémité de ce cylindre.

La chambre de combustion 4 est ainsi définie dans  
35 le cylindre 1 entre la face inférieure 20 de la culasse 2 et la face supérieure 30 du piston 3.

d'essence 5 est lié à la culasse 2 et débouche dans la chambre de combustion 4.

La bougie d'allumage 6 est liée à la culasse 2 et dotée d'électrodes 60 qui produisent une étincelle dans la chambre de combustion 4 lorsque le piston 3 est au voisinage de son point mort haut.

Les soupapes d'admission 71 et d'échappement 72 sont montées mobiles dans la culasse 2 et sont disposées de part et d'autre d'un plan axial médian P du cylindre 1 de manière à définir un côté admission et un côté échappement.

Les deux soupapes d'admission 71 sont mues par un arbre à cames, ou commandées directement, de manière à mettre la chambre de combustion 4, à un instant choisi précédant la compression, en communication avec les conduits d'admission 710.

De façon analogue, les deux soupapes d'échappement 72 sont mues par un arbre à cames, ou commandées directement, de manière à mettre la chambre de combustion 4, à un instant choisi postérieur à la combustion, en communication avec les conduits d'échappement 720.

Enfin, la pompe d'injection 8 fournit à l'injecteur 5 un flux d'essence sous pression à un instant choisi lors de la compression.

Selon un aspect essentiel de l'invention, la pression du flux d'essence fourni à l'injecteur 5 par la pompe 8 dépasse 300 bars et, de préférence, atteint ou dépasse 500 bars.

D'autres caractéristiques, bien que moins importantes, peuvent être prévues pour optimiser les effets obtenus par la pression d'injection élevée prescrite par l'invention, et sont énumérées ci-après.

Tout d'abord, un évidement concave 300 peut être creusé dans la face supérieure 30 du piston 3 pour assurer un confinement de l'essence injectée dans la chambre de combustion 4.



D'autre part, la face inférieure 20 de la culasse 2 peut être conformée en toit et présenter une arête 21 dans le plan axial médian P du cylindre 1.

Comme le montrent les figures 2 et 3, l'arête 21  
5 sépare ainsi la culasse 2 en une partie dédiée à l'admission (à droite sur les figures) et dans laquelle sont prévues les deux soupapes d'admission 71, et une partie dédiée à l'échappement (à gauche sur les figures) et dans laquelle sont prévues les deux soupapes  
10 d'échappement 72.

La bougie 6 peut alors être disposée entre les deux soupapes d'admission 71 (figures 1 et 2), ou entre une soupape d'admission 71 et une soupape d'échappement 72 (figure 3).

15 L'injecteur 5 est disposé plus près de l'axe Z du cylindre que ne l'est la bougie 6, et de préférence sur l'axe Z lui-même.

L'injecteur 5 et la bougie 6 sont séparés par une distance avantageusement comprise entre 5 millimètres et  
20 30 millimètres, la distance entre l'injecteur 5 et l'étincelle produite par la bougie 6 étant alors typiquement comprise entre 10 millimètres et 30 millimètres.

L'injecteur 5 injecte de préférence l'essence dans  
25 la chambre de combustion 4 sous forme d'une pluralité de jets distincts comprenant entre deux et douze jets.

Ces jets forment un cône d'injection 9 (figure 1), qui présente un angle au sommet A par exemple compris entre 40 degrés et 100 degrés.

30 Enfin, le cône d'injection 9 et les étincelles formées par les électrodes 60 de la bougie sont séparés par une distance de préférence comprise entre 1 millimètre et 10 millimètres.

REVENDICATIONS

1. Moteur à combustion interne, à allumage commandé  
5 et à injection directe d'essence, ce moteur comprenant,  
au moins, un cylindre (1) allongé suivant un axe (Z), une  
culasse (2) obturant le cylindre (1) de façon fixe, un  
piston (3) monté coulissant de façon étanche dans le  
cylindre (1) le long de l'axe (Z) du cylindre, une  
10 chambre de combustion (4) définie dans le cylindre (1)  
entre une face inférieure (20) de la culasse (2) et une  
face supérieure (30) du piston (3), un injecteur  
d'essence (5) lié à la culasse (2) et débouchant dans la  
chambre de combustion (4), une bougie d'allumage (6) liée  
15 à la culasse (2) et dotée d'électrodes (60) produisant  
sélectivement une étincelle dans la chambre de combustion  
(4), des soupapes d'admission (71) et d'échappement (72)  
montées mobiles dans la culasse (2), disposées de part et  
d'autre d'un plan axial médian (P) du cylindre (1), et  
20 obturant sélectivement la chambre de combustion (4), et  
une pompe d'injection (8) fournissant sélectivement à  
l'injecteur (5) un flux d'essence sous pression,  
caractérisé en ce que la pression du flux d'essence  
fourni à l'injecteur (5) dépasse 300 bars.

25 2. Moteur à combustion interne suivant la  
revendication 1, caractérisé en ce que la pression du  
flux d'essence fourni à l'injecteur (5) est au moins  
égale à 500 bars.

3. Moteur à combustion interne suivant la  
30 revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un évidement  
(300) est creusé dans la face supérieure (30) du piston  
(3) pour assurer un confinement de l'essence injectée  
dans la chambre de combustion (4).

4. Moteur à combustion interne suivant l'une  
35 quelconque des revendications précédentes, caractérisé en  
ce que la face inférieure (20) de la culasse (2) est

conformée en toit et présente une arête (21) dans le plan axial médian (P) du cylindre (1).

5 Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'injecteur (5) est plus proche de l'axe (Z) du cylindre que ne l'est la bougie (6).

10 6. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'injecteur (5) est disposé sur l'axe (Z) du cylindre.

7. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'injecteur (5) et la bougie (6) sont séparés par une distance au moins égale à 5 millimètres et au plus égale à 30 millimètres.

20 8. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'injecteur (5) injecte l'essence dans la chambre de combustion (4) sensiblement sous forme d'un cône d'injection (9) présentant un angle au sommet (A) au moins égal à 40 degrés et au plus égal à 100 degrés.

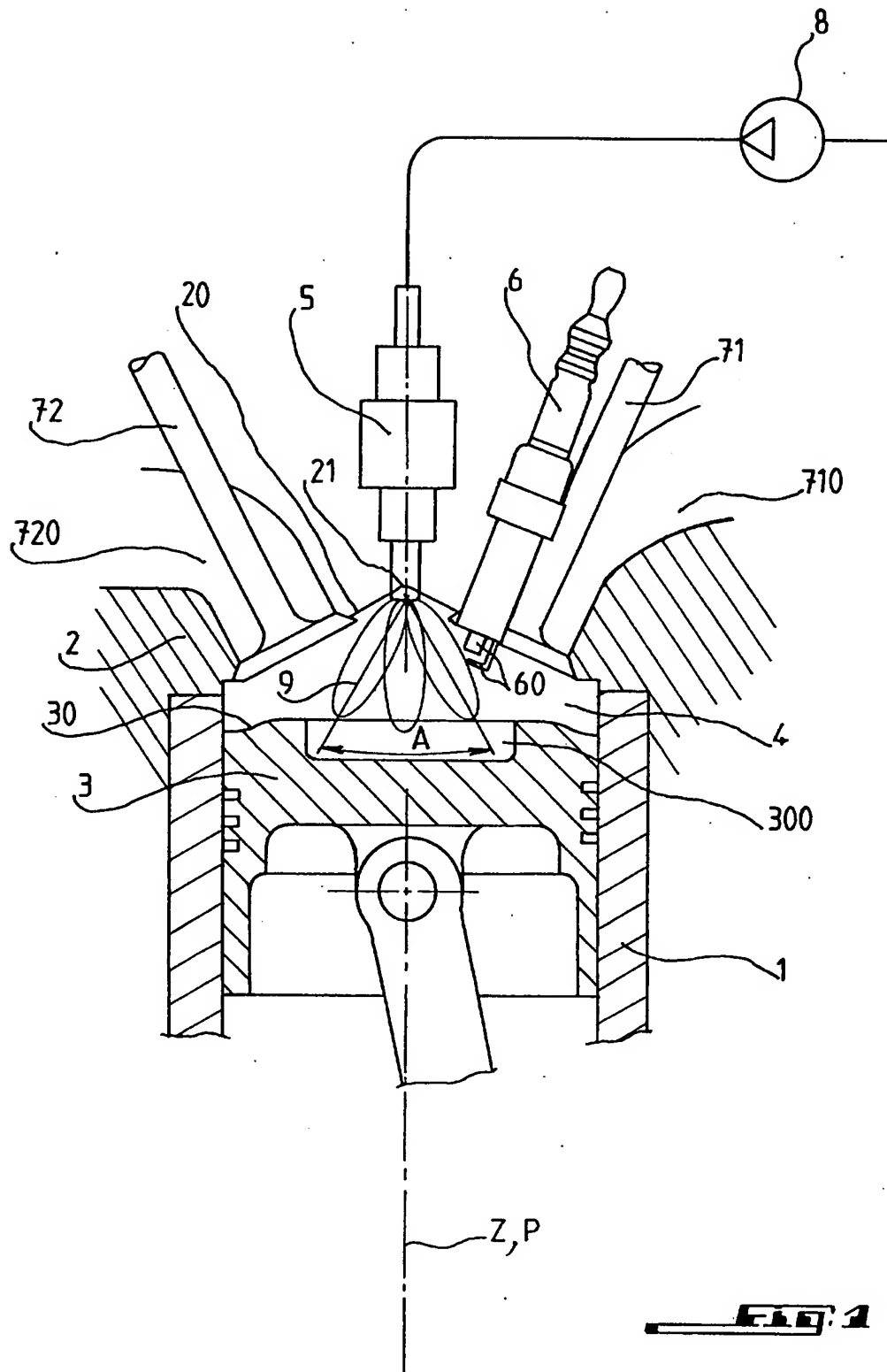
25 9. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'injecteur (5) injecte l'essence dans la chambre de combustion (4) sous forme d'une pluralité de jets distincts comprenant entre deux jets et douze jets.

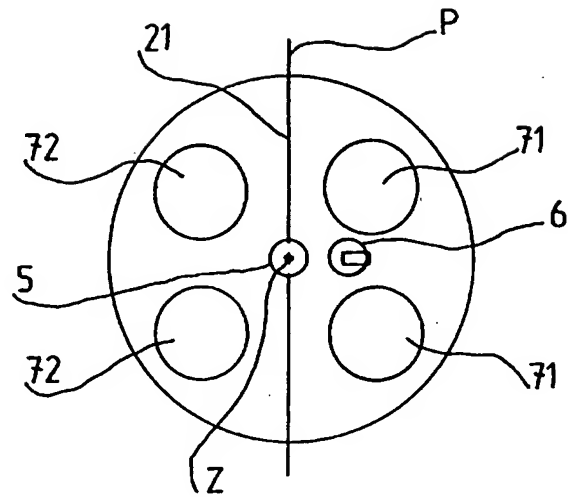
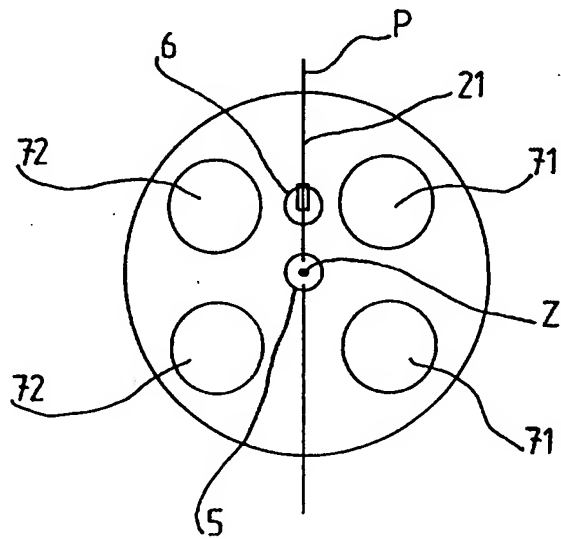
30 10. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'injecteur (5) et l'étincelle produite par la bougie (6) sont séparés par une distance au moins égale à 10 millimètres et au plus égale à 30 millimètres.

35 11. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes combinée à la revendication 8, caractérisé en ce que le cône d'injection (9) et les étincelles de la bougie sont séparés par une distance au moins égale à 1 millimètre et au plus égale à 10 millimètres.

12. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend deux soupapes d'admission (71) d'un premier côté du plan axial médian (P) du cylindre et deux  
5 soupapes d'échappement (72) d'un second côté du plan axial médian (P) du cylindre, et en ce que la bougie (6) est disposée entre les deux soupapes d'admission (71).

13. Moteur à combustion interne suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce  
10 qu'il comprend deux soupapes d'admission (71) d'un premier côté du plan axial médian (P) du cylindre et deux soupapes d'échappement (72) d'un second côté du plan axial médian (P) du cylindre, et en ce que la bougie (6) est disposée entre une soupape d'admission (71) et une  
15 soupape d'échappement (72).

$\frac{1}{2}$ 

$\frac{2}{2}$ **FIG. 2****FIG. 3**



2830570.

N° d'enregistrement  
national

# **RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 609418  
FR 0113051

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 1 136 685 A (HITACHI LTD) 26 septembre 2001 (2001-09-26) * figures 1,4,9 * * abrégé * * revendications 1-14 *	1,4-11	F02F11/00
A	DE 197 04 640 A (AUDI NSU AUTO UNION AG) 13 août 1998 (1998-08-13) * abrégé * * colonne 1, ligne 43 - ligne 51 * * colonne 2, ligne 18 - ligne 26 * * colonne 3, ligne 34 - ligne 35 *	1,2	
A	DE 100 07 659 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 6 septembre 2001 (2001-09-06) * figure 1 * * abrégé * * revendications 1-9 *	1,4-11	
D,A	US 5 992 353 A (POSSELT WERNER) 30 novembre 1999 (1999-11-30) * figure 1 * * abrégé *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	US 5 771 857 A (WILLI MARTIN L) 30 juin 1998 (1998-06-30) * colonne 7, ligne 1 - ligne 50 * * figure A *	1	F02B F02F F02D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 mai 2002		Wassenaar, G	
<p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0113051 FA 609418**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 27-05-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1136685	A	26-09-2001	JP 7189799 A	28-07-1995
			JP 7189767 A	28-07-1995
			EP 1136685 A2	26-09-2001
			EP 0890725 A2	13-01-1999
			DE 69416502 D1	25-03-1999
			DE 69416502 T2	24-06-1999
			EP 0661432 A2	05-07-1995
			US 6148791 A	21-11-2000
			US 5666916 A	16-09-1997
			US 6343585 B1	05-02-2002
			US 5875761 A	02-03-1999
DE 19704640	A	13-08-1998	DE 19704640 A1	13-08-1998
DE 10007659	A	06-09-2001	DE 10007659 A1	06-09-2001
US 5992353	A	30-11-1999	DE 19721573 A1	26-11-1998
			EP 0879945 A2	25-11-1998
			JP 10325370 A	08-12-1998
US 5771857	A	30-06-1998	AUCUN	